
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 29, 2023
University of New Mexico


Estudio neutrosófico sobre los valores de referencia de biometría hemática en pacientes de 11 a 18 años, atendidos en consulta externa en un Centro de Salud de la ciudad de Quito, período 2019-2020.

Neutrosophic study on the reference values of blood biometry in patients aged 11 to 18 years, attended in outpatient clinic in a Health Center of the city of Quito, period 2019-2020.

Diego Eduardo Guato Canchinia [1], Edisson Vladimir Maldonado Mariño [2], and Alexander Javier Ramos Velastegui [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. **E-mail:** ua.eduardogc20@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. **E-mail:** ua.edissonmm01@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. **E-mail:** ua.alexanderrv67@uniandes.edu.ec

Resumen. La biometría hemática es un estudio de laboratorio que se utiliza con frecuencia en el diagnóstico, control y tratamiento de enfermedades. Los valores de referencia establecen los límites en los que un resultado puede considerarse normal, para lo cual fueron necesarios métodos de tipo empírico como la observación y la encuesta y teóricos como lo fueron el inductivo-deductivo, analítico sintético; mismos que contribuyeron al desarrollo de cada apartado de la investigación. La metodología utilizada fue mixta cuali-cuantitativa, desde una perspectiva transversal. El objetivo de la investigación se orienta hacia: desarrollar un estudio neutrosófico sobre los valores de referencia de biometría hemática en pacientes de 11 a 18 años, atendidos en consulta externa en un Centro de Salud de la ciudad de Quito, período 2019-2020. Los resultados obtenidos develan que el empleo de la neutrosofía es importante para lograr mayor precisión en los datos obtenidos pues contribuyeron a identificar los valores de referencia de la biometría hemática en sujetos de entre 11 y 18 años, residentes en Quito no difieren de forma significativa con los parámetros descritos para poblaciones en edad y altitud similares; pero sí con los reportados para sujetos de otras latitudes y mayores de 18 años.

Palabras clave: método neutrosófico, valores de referencia, leucocitos, neutrófilos, linfocitos, eritrocitos, plaquetas, altitud

Summary. Blood biometry is a laboratory study frequently used in the diagnosis, control and treatment of diseases. The reference values establish the limits in which a result can be considered normal, for which empirical methods such as observation and survey and theoretical methods such as inductive-deductive and synthetic analytical methods were necessary, which contributed to the development of each section of the research. The methodology used was mixed qualitative-quantitative, from a cross-sectional perspective. The objective of the research is oriented towards: developing a neutrosophic study on the reference values of blood biometry in patients from 11 to 18 years old, attended in outpatient clinic in a Health Center in the city of Quito, period 2019-2020. The results obtained reveal that the use of neutrosophic is important to achieve greater precision in the data obtained since they contributed to identify the reference values of blood biometry in subjects between 11 and 18 years old, residents of Quito do not differ significantly with the parameters described for populations of similar age and altitude; but with those reported for subjects from other latitudes and older than 18 years old.

Key words: neutrophilic method, reference values, leukocytes, neutrophils, lymphocytes, erythrocytes, platelets, altitude.

1 Introducción

La biometría hemática (BH) es un estudio de laboratorio que se utiliza con frecuencia en el diagnóstico, control y tratamiento de enfermedades, de donde se obtiene información que proporciona mediciones altamente confiables del estado de salud del paciente. Para obtener un buen diagnóstico de las diferentes patologías básicas, es esencial determinar estos parámetros hematológicos de manera estandarizada, los cuales pueden sufrir variaciones según el contexto geográfico, sociocultural, los hábitos alimentarios, la edad, el sexo, la ocupación, los factores ambientales, el uso de drogas e infecciones e incluso variaciones metodológicas [1].

Los valores de referencia establecen los límites en los que un resultado de un examen de laboratorio, puede considerarse normal. Este término ha ido desplazando los antiguos de “valores normales” o “valores aceptables”, ya que son valores de una magnitud biológica que se establecen del análisis con un procedimiento de medida obtenidos en grandes grupos poblacionales, con características comunes como la edad, el sexo o la zona geográfica en que viven o la etnia y, lo que resulta “normal” para este grupo, puede no serlo para poblaciones con características similares.

Los valores de los parámetros de la BH son muy variables: la concentración de hemoglobina (Hb), hematocrito (Hto), volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM) y el recuento de eritrocitos aumenta con la edad. La concentración de leucocitos aumenta después del nacimiento, pero tiende a disminuir y estabilizarse después del primer año de vida, [2].

Los cambios patológicos en las concentraciones específicas de células sanguíneas, a menudo pueden ser el primer signo de enfermedades importantes, por lo que es importante contar con valores de referencia del hemograma completo, para una evaluación adecuada del estado de salud de adolescentes y jóvenes adultos; en consecuencia, el propósito de esta investigación es determinar los valores de referencia de la Biometría Hemática en pacientes de 11 a 18 años atendidos en consulta externa en un centro de salud de la ciudad de Quito, periodo 2019-2020.

Para poder profundizar en las características de esta temática se seleccionan técnicas de la neutrosofía, particularmente el método neutrosófico es una teoría desarrollada por el matemático y filósofo rumano Florentin Smarandache en la década de 1990. El enfoque neutrosófico busca tratar situaciones en las que la información disponible es incompleta, incierta o contradictoria. Proporciona un marco matemático y lógico para lidiar con la imprecisión, la incertidumbre y la vaguedad en los problemas de toma de decisiones, [3].

El término "neutrosófico" proviene de la combinación de las palabras "neutro" y "sofía" (sabiduría en griego), lo que implica que el método busca abordar la neutralidad y la sabiduría en la toma de decisiones en situaciones complejas y ambiguas. Este posee disimiles de componentes que permiten su empleo en la presente investigación, dentro de ellas sobresalen:

- Neutrosófico: Se refiere a la información imprecisa, incierta o vaga presente en un problema. Los conceptos neutrosóficos se representan utilizando tres valores: verdadero (T), falso (F) e indeterminado (I), lo que permite tener en cuenta la imprecisión y la ambigüedad en la información.
- Neutrosófico extendido: Es una extensión del componente neutrosófico y se refiere a la aplicación de la lógica neutrosófica en el análisis de problemas y la toma de decisiones. Utiliza operadores lógicos neutrosóficos para evaluar y combinar información neutrosófica.
- Neutrosófico aplicado: Este componente se enfoca en la aplicación práctica del método neutrosófico en diferentes áreas, como la toma de decisiones en sistemas complejos, la teoría de conjuntos neutrosóficos, la lógica neutrosófica y la inteligencia artificial neutrosófica.

Es por ello que el método neutrosófico ha sido utilizado en diversos campos, como la ingeniería, la medicina, la economía y la toma de decisiones en general. Proporciona una forma de modelar y analizar situaciones en las que la incertidumbre y la ambigüedad son elementos importantes, y permite considerar diferentes grados de veracidad y falsedad en la información disponible, [3].

Es importante tener en cuenta que el método neutrosófico es una teoría en desarrollo y no está ampliamente aceptado en todos los ámbitos académicos y científicos. Sin embargo, ha generado interés y debate en la comunidad de investigadores interesados en abordar la incertidumbre y la vaguedad en la toma de decisiones.

Es por ello que en la presente investigación se identifica cómo problema ¿cómo emplear la neutrosofía en el estudio de valores de referencia de biometría hemática en pacientes de 11 a 18 años, atendidos en consulta externa en un Centro de Salud de la ciudad de Quito, período 2019-2020?

Identificando como objetivo de la investigación el siguiente: desarrollar un estudio neutrosófico sobre los valores de referencia de biometría hemática en pacientes de 11 a 18 años, atendidos en consulta externa en un Centro de Salud de la ciudad de Quito, período 2019-2020.

2 Materiales y métodos

Se realiza una investigación no experimental, desde un enfoque mixto, es decir se procesan datos tanto de naturaleza cualitativa como cuantitativa. Lo cual permite enfocar estos dos paradigmas importantes. Dentro del tipo de investigación asumida se realiza un estudio transversal.

Pues este es un tipo de estudio de investigación que se realiza en un momento específico en el tiempo y se centra en la recopilación de datos de una muestra representativa de la población o de un grupo particular en ese momento. A diferencia de los estudios longitudinales, que siguen a los mismos individuos o grupos a lo largo de un período de tiempo específico, los estudios transversales se llevan a cabo en un solo punto en el tiempo y no implican un seguimiento a largo plazo.

A continuación, se presentan las principales características de una investigación transversal, pues fueron la guía de orientación para todo el estudio realizado.

- Momento específico: Los datos se recopilan en un punto único en el tiempo, lo que permite obtener una instantánea de la población o grupo estudiado en ese momento.
- Objetivos: Los estudios transversales se utilizan para describir la prevalencia de una condición, característica o comportamiento en un momento dado.
- Muestra representativa: Se selecciona una muestra representativa de la población objetivo para garantizar que los resultados sean aplicables a un grupo más amplio.
- Análisis descriptivo: Los análisis suelen centrarse en la descripción de las características de la muestra y la relación entre las variables en ese momento específico.
- Limitaciones: Los estudios transversales no pueden determinar causas y efectos ni seguir la evolución de un fenómeno a lo largo del tiempo, ya que se trata de una instantánea en un momento dado.

Todo lo anterior planteado permite plantear que los estudios transversales son útiles para obtener una comprensión inicial de una población o grupo en un momento determinado y pueden servir como punto de partida para investigaciones más profundas. Sin embargo, no son adecuados para investigar cambios a lo largo del tiempo o establecer relaciones causales, para lo cual se requieren otros tipos de estudios, como estudios longitudinales o experimentos controlados.

Basado en el tipo de investigación y el enfoque asumido se seleccionan un conjunto de métodos, tanto teóricos, empíricos y matemáticos estadísticos que se describen a continuación.

Teóricos

Analítico-sintético, empleado para interpretar las características del empleo de la Neutrosófia en el análisis de sobre los valores de referencia de biometría hemática en pacientes de 11 a 18 años, atendidos en consulta externa en un Centro de Salud de la ciudad de Quito, período 2019-2020.

Inductivo-deductivo, mediante el cual se realizó el análisis de situaciones particulares del empleo de la Neutrosófía en el análisis de sobre los valores de referencia de biometría hemática en pacientes de 11 a 18 años, atendidos en consulta externa en un Centro de Salud de la ciudad de Quito, período 2019-2020.

Empíricos

Observación: se realizó para obtener información referida a valores de referencia de biometría hemática en pacientes de 11 a 18 años, atendidos en consulta externa en un Centro de Salud de la ciudad de Quito, período 2019-2020.

Procedimientos empíricos utilizados.

Instrumento: Contador hematológico Sysmex XN-3000.

Recolección de información: la muestra formó parte de un procedimiento clínico de rutina a la que están sometidos los pacientes y no involucró una toma de muestra adicional**.** La recolección de los datos que se generaron en los equipos Sysmex XN- 3000 y en el Sysmex CA-1500 durante el análisis de las muestras sanguíneas, fueron recopilados en una base de datos en el programa Microsoft Excel 2010.

Toma de muestra: Se tomó el residuo de la muestra (tubo tapa lila), una vez analizado en el laboratorio clínico del centro de salud, por una ocasión. La cantidad de la muestra analizada fue de 4ml.

Transporte de la muestra: Se procedió a almacenar los tubos, con la muestra sanguínea seleccionada debidamente etiquetados (código, edad, sexo) y fueron trasladadas al Laboratorio SYNLAB, siguiendo el Protocolo de Almacenamiento y Transporte de muestras.

Proceso destrucción de la muestra: Las muestras sanguíneas fueron eliminadas de acuerdo a los protocolos de laboratorio SYNLAB, laboratorio acreditado y certificado internacionalmente.

Otras consideraciones: Las mediciones se realizaron en el laboratorio SYNLAB, que cuenta con la certificación ISO 9001:2015, y por acreditación en ISO 15189:2012 y por Accreditation Canadá, con participación en programas de control externo CAP, Control-Lab, CDC-Atlanta, RIQAS, BIORAD y otros.

Matemáticos estadísticos

Con la información obtenida se procedió al análisis de los datos a través del paquete estadístico SPSS (versión educativa de la UCE 22.O). Las variables cualitativas expresadas en frecuencias simples y porcentajes y las variables cuantitativas en promedios y σ en comportamiento normal, por lo contrario en medianas y percentiles 2.5 y 97.5. Los rangos de referencia se calcularon para el grupo de edad previa eliminación de valores aberrantes considerando como límites de referencia los intervalos el percentil 2.5 y 97.5. Para el análisis comparativo frente a valores de referencia de otras poblaciones con características similares, se utilizó la T de diferencia de promedios para un promedio de referencia, aceptando como valido un nivel de significancia del 95% (alfa: 0,05), previa prueba de normalidad.

2.1 Población y muestra

La población estuvo conformada por sujetos entre 11 a 18 años de edad, residentes en la ciudad de Quito. El tamaño de la muestra cumple con las recomendaciones del Protocolo NCCLS C28-A3C (Defining, Establishing and Verifying Reference Intervals in the Clinical Laboratory) para cálculo de valores de referencia sugerida por CLSI (Clinical Laboratory Standars Institute), el mismo que se constituyó de una muestra propositiva 120 sujetos por grupo de partición, por probable pérdida de la información se incrementó el 10%, siendo un total de la muestra efectiva de 264 sujetos (125 hombres y 139 mujeres).

Criterios de inclusión: Sujetos de 11 a 18 años de edad, residentes en Quito a una altura igual o mayor a 2.800 msnm, por más de 4 meses, sin evidencia de enfermedad reciente al momento de la toma la muestra, que estuvieron de acuerdo con participar en el estudio y cuenten con el consentimiento informado de los padres o representante legal.

Criterios de exclusión: Fueron excluidos sujetos menores de 11 años y mayores de 18 años de edad, residentes a una altura menor a 2800 msnm, con patologías, que no aprueben cuestionario del CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute).

2.2 Método neutrosófico

El método neutrosófico proporciona un marco matemático y lógico para lidiar con la imprecisión, la incertidumbre y la vaguedad en los problemas de toma de decisiones. Es por ello que dentro de este la estadística descriptiva neutrosófica tiene aplicaciones en áreas donde la incertidumbre es común y relevante, como en la toma de decisiones en condiciones vagas o ambiguas, en la modelización de sistemas complejos con información imprecisa o en el análisis de datos con errores de medición.

Mientras que la estadística inferencial neutrosófica también juega un papael importante para validar los resultados de una investigación. Ésta última es la asumida en la presente investigación.

Es por ello que se procede a identificar el nivel de significación neutrosófica α puede ser un conjunto, no necesariamente un número nítido como en la estadística clásica [4], [5], [6], Un valor P neutrosófico se define de la misma manera que en la estadística clásica: el nivel de significación más pequeño en el que se puede rechazar una hipótesis nula Ho.

La distinción entre el valor P clásico y el valor P neutrosófico es que el valor P neutrosófico no es un número nítido como en la estadística clásica, sino un conjunto (en muchas aplicaciones es un intervalo).

Para conocer la validez de los resultados se tuvo en cuenta lo siguiente: Valor P neutrosófico = P (z < z valor crítico, cuando Ho es verdadero). Donde P (*) significa probabilidad clásica calculada asumiendo que Ho es verdadero, la probabilidad de observar un valor estadístico de prueba es más extrema de lo que realmente se obtuvo.

Supongamos que uno ha calculado el valor P neutrosófico en el nivel particular de significancia α, donde α es un número positivo nítido.

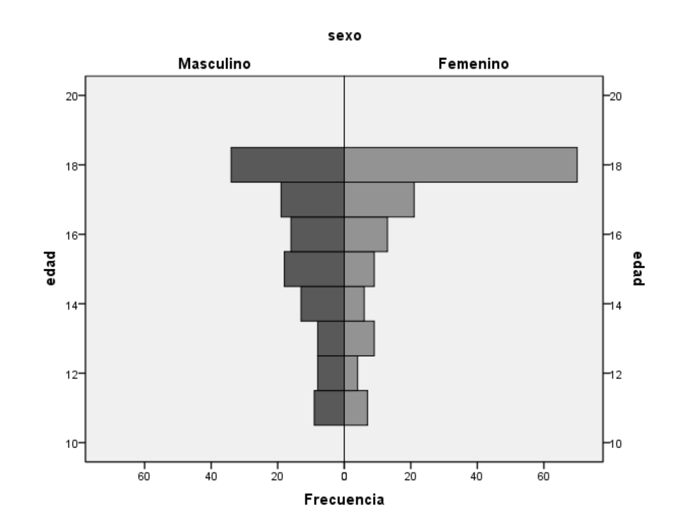
1- Si max {neutrosopicp−valve} ≤ a, entonces rechace Ho en el nivel a.
2- Si min {neutrosopicp−valve} ≤ a, entonces no rechace Ho en el nivel a.
3- Si min {neutrosopicp−valve} < a < max min {neutrosopicp−valve }entonces hay una indeterminación.
4- Si max {neutrosopicp−valve} ≤ min {aN}- rechace Ho en el nivel aN.
5- Si max {neutrosopicp−valve} ≤ min {aN }no rechace Ho en el nivel aN.
6- Si los dos conjuntos, los del valor P neutrosófico y el nivel de significancia neutrosófico aN se cruzan, uno tiene indeterminación. Y se puede calcular la posibilidad de rechazar Ho en aN y la posibilidad de no rechazar Ho en aN.

En estadística clásica, el valor P se calcula considerando la tabla de probabilidades normales estándar. a. El valor P es el área bajo la curva z a la derecha de z calculada, para la prueba z de cola superior. sí. El valor P es el área debajo de la curva z a la izquierda de la z calculada, para la prueba z de cola baja. C. El valor P es el doble del área capturada en la cola correspondiente a la z calculada, para la prueba z de dos colas.

3 Resultados y discusión

Se estudió un total de 264 sujetos de entre 11 y 18 años de edad, con una edad promedio de 16 ± 2.2 años, siendo de sexo femenino el 52.7% (n=139) de los casos. La edad promedio para las mujeres fue de 16.5 ± 2.1 años y para los hombres de 15.5 ± 2.1 años (p=0.001). Gráfico 1.

Gráfico 1. Distribución de edad (años) por sexo. Muestra General.



Elaborado por: Diego Guato (2021).

En la tabla 1 se observan los valores pre y post eliminación de cifras outliers para todos los valores de la biometría hemática. Se establecieron diferencias estadísticamente significativas entre sexos, en los valores absolutos de: leucocitos, neutrófilos, granulocitos inmaduros; y el valor porcentual de: neutrófilos, linfocitos, de granulocitos inmaduros (p<0,05).

Tabla 1. Promedios, desviaciones estándar iniciales y distribución post-limpieza de outliers por grupo de partición (sexo).

Parámetros / sexo	Valores iniciales			Postlimpieza			p
	N	x̄ ± S	Rango (Mín - Max)	N	x̄ ± S	P 2.5TH - P 97.5TH	
Leucocitos (/mm³)	**264**	**7361.6±1992.9**	**2330–14480**	**261**	**7288.3 ±1881.2**	**4391.0 –11226.5**	0.011*
Hombres	125	6625.2±1608.1	2330 –11840	125	6625,2 ± 160.1	4210.0 –10526.0	
Mujeres	139	8023.9±2076.7	3170–14480	136	7897.7 ± 1912.9	4527.5–11799.2	

Parámetros / sexo	Valores iniciales			Postlimpieza			p
	N	x̄ ± S	Rango (Mín - Max)	N	x̄ ± S	P 2.5TH - P 97.5TH	
Neutrófilos (/mm^3)	**264**	**3894.1±1735.9**	**620–11360**	**258**	**3766.9±1527.6**	**1689.0 – 7329.2**	
Hombres	125	3211.2±1279.5	620 –8840	124	3165.8±1179.3	1496,2 – 6413.7	0.001*
Mujeres	139	4508.2±1862.7	1500–11360	134	4321.4±1605.2	1827.5 –7482.5	
GI 1 (/mm^3)	**264**	**34.6±49.0**	**0-340**	**234**	**21.2 ±11.7**	**8,7 -50,0**	
Hombres	125	21.2±18.8	0 -160	120	18.3±10.3	0.0 –40.0	0.007*
Mujeres	139	46.7±62.8	10-340	114	24.3 ± 12.4	10.0-50.0	
Linfocitos (/mm^3)	**264**	**2643.3±734.8**	**960–5790**	**256**	**2571,1±613.6**	**1378.5-3841.5**	
Hombres	125	2606.4±679.8	1300–4520	122	2561,09 ±622.2	1405,0–4015.0	0.542
Mujeres	139	2676.4±781.8	960–5790	134	2580,3 ±607.9	1345,0–3801.2	
Monocitos (/mm^3)	**264**	**541.0±168.8**	**220–1080**	**259**	**531.4±155.5**	**275.0-850.0**	
Hombres	125	509.5±151.8	240 –930	125	509.5±151.8	271,5-845,5	0.550
Mujeres	139	569.2±178.5	220-1080	134	551.8±156.7	273,7-875.0	
Eosinófilos (/mm^3)	**264**	**208.3±225.7**	**0 –1800**	**217**	**133.5±70.6**	30,0–300,0	
Hombres	125	234.1±267.3	30 – 1800	98	136.9±75.0	30,0 –310.0	0.130
Mujeres	139	185.0±178.2	0-1520	119	130.7±67.0	20,0–280.0	
Basófilos (/mm^3)	**264**	**40.1±19.4**	0 –110	**249**	**37.5±15.7**	**10.0 –70,0**	
Hombres	125	42.4±21.4	0 –110	112	37.6±14.8	18.2–70.0	0,098
Mujeres	139	38.2±17.3	10–90	137	37.5±16.5	10.0–70.0	
Neutrófilos %	**264**	**51.2±10.9**	**21.8–78.6**	**264**	**51.2±10.9**	**31.0–71.5**	
Hombres	125	47.5±9.6	21,8 –7.8	125	47.5±9.6	28,5–69.8	0,023*
Mujeres	139	54.6±11.0	31,9–78.6	139	54.6±11.0	33,3–77.1	
GI%	**264**	**0.42±0.48**	**0.0–3.7**	**241**	**0.3±0.1**	**0.1–0.6**	
Hombres	125	0.3±0.2	0,0 –1.5	120	0.2±0.1	0,0–0.5	0.033*
Mujeres	139	0.5±0.6	0,1 –3.7	121	0.3±0.1	0,1–0.7	
Linfocitos %	**264**	**37.3±10.1**	**12.0–62.9**	**264**	**37.3±10.1**	**17,7–58.3**	
Hombres	125	40.2±8.9	16,7 –62.9	125	40.2±8.9	19,8 –59.8	0.014*
Mujeres	139	34.7±10.4	12,0–58.9	139	34.7±10.4	15,0–55.8	
Monocitos %	**264**	**7.4±1.7**	**3.2–14.2**	**259**	**7.3±1.5**	**4,6–10.7**	
Hombres	125	7.7±1.7	4.1–14.2	122	7.6±1.5	4.8–10.6	0.575
Mujeres	139	7.1±1.7	3.2–14.2	137	7.0±1.5	4.4–10.7	
Eosinófilos %	**264**	**2.8±2.9**	**0.0–25.2**	**234**	**2.0±1.2**	**0.3–4.9**	
Hombres	125	3.4±3.5	0.4–25,2	104	2.2±1.1	0.5 –4.9	0.992
Mujeres	139	2.3±2.0	0 – 15,7	130	1.9±1.2	0.2–4.8	
Basófilos %	**264**	**0.5 ±0.2**	**0.0 –2.0**	**258**	**0.5±0.2**	**0.2 -1.1**	
Hombres	125	0.6±0.3	0.0–2,0	120	0.6±0.2	0.2-1.0	0.070
Mujeres	139	0.4±0.2	0 .1 – 1.6	138	0.4±0.2	0.1–1.1	
G. rojos (10^3/mm^3)	**264**	**5339.0±535.7**	**3720-6840**	**261**	**5345.2±512.5**	**4265,5-6362.5**	
Hombres	125	5651±460.0	4060-6840	124	5641.6±449.1	4553.7-6443.7	0.780
Mujeres	139	5058±434.8	3720 -6070	137	5077.0±409.0	4233.5-5954.5	
Hemoglobina (g/dL)	**264**	**15.6±1.5**	**8.8–18.8**	**262**	**15.6±1.4**	**12,9-18.3**	0.304
Hombres	125	16.5±1.2	11.4–18.8	124	16.5±1.2	13.7-18.5	

Parámetros / sexo	Valores iniciales			Postlimpieza			p
	N	x̄ ± S	Rango (Mín - Max)	N	x̄ ± S	P 2.5TH - P 97.5TH	
Mujeres	139	14.8±1.2	8.8 –18.1	138	14.8±1.1	12.5-16.7	
Hematocrito %	**264**	**46.6±4.2**	**33.8–55.8**	**262**	**46.7±4.1**	**39,1–54.5**	0.594
Hombres	125	49.1±3.6	35.2 –55.8	125	49.1±3.6	40.5–55.4	
Mujeres	139	44.4±3.5	33.8 – 54.2	137	44.6±3.3	38.2 –50.7	
VCM 2 (fl)	**264**	**87.6±4.8**	**63.7-100.2**	**258**	**87.8±4.2**	**78.8 –96.0**	0.792
Hombres	125	87.1±4.6	69.7-98.2	123	87.3±4.2	78.4-94.5	
Mujeres	139	88.1±5.1	63.7-100.2	135	88.3±4.2	79.6–97.0	
HCM 3 (pg.)	**264**	**29.3±2.0**	**16.5–40.1**	**258**	**29.4±1.5**	**26.2–32.6**	0.277
Hombres	125	29.2±1.8	21.9 –33.2	123	29.3±1.6	25.7–32.1	
Mujeres	139	29.3±2.1	16.5–40.1	135	29.4±1.5	26.3–32.6	
CHCM 4 (g/dL)	**264**	**33.4±1.1**	**26.0–44.1**	**261**	**33.4±0.8**	**32.2–35.1**	0.384
Hombres	125	33.5±0.7	31.4–35.4	125	33.5±0.7	32.2–35.1	
Mujeres	139	33.2±1.4	26.0– 44.1	136	33.2±0.8	32.1–35.1	
RDW G.R. S.D. 5 (fl)	**264**	**42.0±3.1**	**35.6–56.5**	**257**	**411.7±2.5**	**36.8 – 47.0**	0.113
Hombres	125	41.6±2.8	35.6–56.5	123	41.4±2.4	36.6–46.6	
Mujeres	139	42.3±3.2	35.7–55.1	134	42.0±2.7	37.0–48.1	
RDW G.R. C.V. 6 (%)	**264**	**13.1±1.2**	**11.3 –24.1**	**246**	**12,9±0.6**	**11,7–14,4**	0.112
Hombres	125	13.1±1.3	11.3–24.1	119	12.9±0.6	11.9–14.5	
Mujeres	139	13.1±1.2	11.5–20.6	127	12.8±0.6	11.6–14.3	
Plaquetas(10³/mm)	**264**	**325.2±62.4**	**162– 519**	**261**	**323.2±59.8**	**202,3–445.0**	0.505
Hombres	125	318.7±56.6	162–459	125	318.7±56.6	220.3–437.40	
Mujeres	139	331.1±66.9	170–519	136	327.3±62.5	191.1 –448.4	
VPM 7 (fl)	**264**	**10.6±0.9**	**8.7– 13.9**	**249**	**10.5±0.7**	**8.9–12.2**	0.268
Hombres	125	10.6±0.9	8.8–13.8	119	10.5±0.7	9.1–12.1	
Mujeres	139	10.6±1.0	8.7–13.9	130	10.4±0.8	8.9–12.3	

1 GI: Granulocitos inmaduros. 2 VCM: Volumen corpuscular medio. 3 HCM: Hemoglobina corpuscular media. 4 CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media. 5 RDW G.R. S.D.: Ancho de distribución eritrocitaria desvío estándar. 6 RDW G.R. C.V.: Ancho de distribución eritrocitaria coeficiente de variación. 7 VPM: Volumen plaquetario medio. * Diferencia estadísticamente significativa entre sexos.

Los valores obtenidos por parámetro para biometría hemática, luego de la limpieza de outliers se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de referencia hematológicos en población de 11 a 18 años**.**

Parámetros	Sexo	n	x̄ ± S	P 2.5TH - P 97.5TH
Leucocitos (/mm³)	Hombres	125	6625.2 ± 1608.1	4210.0 –10526.0
	Mujeres	136	7897.7 ± 1912.9	4527.5–11799.2
Neutrófilos (/mm³)	Hombres	124	3165.8±1179.3	1496.2 – 6413.7
	Mujeres	134	4321.4±1605.2	1827.5 –7482.5
GI 1 (/mm³)	Hombres	120	18.3±10.3	0.0 –40.0
	Mujeres	114	24.3 ± 12.4	10.0-50.0
Linfocitos (/mm³)	Ambos sexos	256	2571.1±613.6	1378.5-3841.5
Monocitos (/mm³)	Ambo sexos	259	531.4±155.5	275.0-850.0
Eosinófilos (/mm³)	Ambos sexos	217	133.5±70.6	30.0–300.0

Parámetros	Sexo	n	x̄ ± S	P 2.5TH - P 97.5TH
Basófilos (/mm³)	Ambos sexos	249	37.5±15.7	10.0 –70.0
Neutrófilos %	Hombre	125	47.5±9.6	28.5–69.8
	Mujer	139	54.6±11.0	33.3–77.1
GI%	Hombre	120	0.2±0.1	0.0–0.5
	Mujer	121	0.3±0.1	0.1–0.7
Linfocitos %	Hombre	125	40.2±8.9	19.8 –59.8
	Mujer	139	34.7±10.4	15.0–55.8
Monocitos %	Ambos sexos	259	7.3±1.5	4.6–10.7
Eosinófilos %	Ambos sexos	234	2.0±1.2	0.3–4.9
Basófilos %	Ambos sexos	258	0.5±0.2	0.2 -1.1
G. rojos (10³/mm³)	Ambos sexos	261	5345.2±512.5	4265.5-6362.5
Hemoglobina(g/dL)	Ambos sexos	262	15.6±1.4	12.9-18.3
Hematocrito %	Ambos sexos	262	46.7±4.1	39.1–54.5
VCM 2 (fl)	Ambos sexos	258	87.8±4.2	78.8 –96.0
HCM 3 (pg.)	Ambos sexos	258	29.4±1.5	26.2–32.6
CHCM 4 (g/dL)	Ambos sexos	261	33.4±0.8	32.2–35.1
RDW G.R. S.D. 5 (fl)	Ambos sexos	257	411.7±2.5	36.8 – 47.0
RDW G.R. C.V. 6 (%)	Ambos sexos	246	12.9±0.6	11.7–14.4
Plaquetas(10³/mm)	Ambos sexos	261	323.2±59.8	202.3–445.0
VPM 7 (fl)	Ambos sexos	249	10.5±0.7	8.9–12.2

1 GI: Granulocitos inmaduros. 2 VCM: Volumen corpuscular medio. 3 HCM: Hemoglobina corpuscular media. 4 CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media. 5 RDW G.R. S.D.: Ancho de distribución eritrocitaria desvío estándar. 6 RDW R. C.V.: Ancho de distribución eritrocitaria coeficiente de variación. 7 VPM: Volumen plaquetario medio.

La comparación de los valores obtenidos frente a los referidos para poblaciones de diferentes latitudes se muestra en la tabla 3. Se observan diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los valores de la biometría hemática ($p<0,05$), excepto en los valores absolutos de leucocitos, el porcentaje de neutrófilos y de linfocitos, en las mujeres de entre 11 y 15 años. Otros valores que no tuvieron variación significativa según la altitud geográfica fueron el recuento de glóbulos rojos y el volumen corpuscular medio (VCM), ($p>0,05$).

Tabla 3. Valores de referencia hematológicos de la población de estudio frente a los declarados en poblaciones similares de otras latitudes

Parámetros	Sexo	Valor obtenido		Valor otra referencia			Valor p
		x̄	(P 2.5TH - P 97.5TH)	x̄	(P 2.5TH - P 97.5TH)	Edad y sexo de comparación	
Leucocitos (/mm³)	Hombre	6625	4210.0 – 10526.0	6290	3500-9080 a	Hombres: 11 a 15 años	0.001
				6285	3450-9120 a	Hombres: 16 a 18 años	0.001
	Mujer	7897	4527.5– 11799.2	7160	3590-10730 a	Mujeres: 11 a 15 años	0.272*
				7390	3980-10800 a	Mujeres: 16 a 18 años	0.383
Neutrófilos (/mm³)	Hombre	3165	1496.2 – 6413.7	3510	1310-5710 a	Hombres: 11 a 15 años	0.008
				4190	1630-6750 a	Hombres: 16 a 18 años	0.001
	Mujer	4321	1827.5 –7482.5	3510	1310-5710 a	Mujeres: 11 a 15 años	0.008
				4190	1630-6750 a	Mujeres: 16 a 18 años	0.001
Linfocitos (/mm³)	Ambos sexos	2571	1378.5-3841.5	2480	1180-3780 a	Hombres y mujeres: 11 a 15 años	0.018
				2255	1150-3360 a	Hombres y mujeres: 16 a 18 años	0.001
Monocitos (/mm³)	Ambos sexos	531,4	275.0-850.0	425	160-690 a	Hombres y mujeres: 11 a 15 años	0.001
				450	180-720 a	Hombres y mujeres: 16 a 18 años	0.001

Eosinófilos (/mm³)	Ambos sexos	133.5	275.0-850.0	190 160	30-350 a 20-300 a	Hombres y mujeres: 11 a 15 años Hombres y mujeres: 16 a 18 años	0.001 0.001
Basófilos (/mm³)	Ambos sexos	37.5	10.0 –70.0	45 45	0-90 a 0-90 a	Hombres y mujeres: 11 a 15 años Hombres y mujeres: 16 a 18 años	0.001 0.001
Neutrófilos %	Hombre	47.5	28.5–69.8	51,8 56,0	32.4-71.3 a 36.4-75.7 a	Hombres: 11 a 15 años Hombres : 16 a 18 años	0.434* 0.001
	Mujer	54.6	33.3–77.1	51,8 56,0	32.4-71.3 a 36.4-75.7 a	Mujeres: 11 a 15 años Mujeres: 16 a 18 años	0.434* 0.001
Linfocitos %	Hombre	40.2	19.8 –59.8	37,6 34,0	18.3-57.0 a 16.5-51.6 a	Hombres: 11 a 15 años Hombres: 16 a 18 años	0.731 0.001
	Mujer	34.7	15.0–55.8	37,6 34,0	18.3-57.0 a 16.5-51.6 a	Mujeres: 11 a 15 años Mujeres: 16 a 18 años	0,731* 0.001
Monocitos %	Ambos sexos	7.3	4.6–10.7	6,4 6,4	3.1-9.8 a 3.3-9.6 a	Hombres y mujeres: 11 a 15 años Hombres y mujeres: 16 a 18 años	0.001 0.001
Eosinófilos %	Ambos sexos	2.0	0.3–4.9	2,4 2,9	0.3-4.5 a 0.3-5.5 a	Hombres: 11 a 18 años Mujeres: 11 a 18 años	0.001 0.001
Basófilos %	Ambos sexos	0.5	0.2 -1.1	0,8 0,	0.0-1.6 a 0.0-1.4 a	Hombres: 11 a 18 años Mujeres: 11 a 18 años	0.001 0.001
G. rojos (10³/mm³)	Ambos sexos	5345	4265.5 - 6362.5	5335 4980 5810 4773	4620-6050 a 4330-5630 a 4810-6810 a 4000-5546 a	Hombres: 11 a 15 años Mujeres: 11 a 15 años Hombres: 16 a 18 años Mujeres: 16 a 18 años	0.747* 0.001 0.001 0.001
Hemoglobina(g/dL)	Ambos sexos	15.6	12.9-18.3	15.4 14.6 16.7 14.2	13.2-17.6 a 12.9-16.3 a 14.9-18.6 a 12.2-16.2 a	Hombres: 11 a 15 años Mujeres: 11 a 15 años Hombres: 16 a 18 años Mujeres: 16 a 18 años	0.005 0.001 0.001 0.001
Hematocrito %	Ambos sexos	46.7	39.1–54.5	44.3 42.8	39.5-49.1 a 36.6-49.1 a	Hombres y mujeres: 11 a 15 años Hombres y mujeres: 16 a 18 años	0.001 0.001
VCM 2 (fl)	Ambos sexos	87.8	78.8 –96.0	87.6 88.3 90.8 90.7	81.2-94.1 a 80.2-96.5 a 84.1-97.6 a 82.9-98.6 a	Hombres: 11 a 15 años Mujeres: 11 a 15 años Hombres: 16 a 18 años Mujeres: 16 a 18 años	0.307* 0.104 0.001 0.001
HCM 3 (pg.)	Ambos sexos	29.4	26.2–32.6	30.3 30.0	27.1-33.5 a 26.8-33.2 a	Hombres: 11 a 18 años Mujeres: 11 a 18 años	0.001 0.001
CHCM 4 (g/dL)	Ambos sexos	33.4	32.2–35.1	33.2 32.7	31.6-34.8 a 31.0-34.4 a	Hombres: 11 a 18 años Mujeres: 11 a 18 años	0.001 0.001
RDW G.R. C.V. 6 (%)	Ambos sexos	12,9	11.7–14.4	14.7 14.8	11.8-17.6 a 12.0-17.7 a	Hombres: 11 a 18 años Mujeres: 11 a 18 años	0.001 0.001
Plaquetas(10³/mm)	Ambos sexos	323.2	202.3–445.0	265.5 299.0	147.0-384.0 a 167.0-431.0 a	Hombres: 11 a 18 años Mujeres: 11 a 18 años	0.001 0.001
VPM 7 (fl)	Hombres	10.5	8.9–12.2	8.2	6.60 – 9.80 a	Hombres y mujeres: 11 a 18 años	0.001

1 GI: Granulocitos inmaduros. 2 VCM: Volumen corpuscular medio. 3 HCM: Hemoglobina corpuscular media. 4 CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media. 5 RDW G.R. S.D.: Ancho de distribución eritrocitaria desvío estándar. 6 RDW G.R. C.V.: Ancho de distribución eritrocitaria coeficiente de variación. 7 VPM: Volumen plaquetario medio. * No hay diferencia estadísticamente significativa

a Diaz, Pablo; Olay, Gabriela; Hernández, Ricardo; Cervantes. Determinación de los intervalos de referencia de biometría hemática en población mexicana. 2012. México, localizado a 2250 msnm. Se muestra datos declarados a edad entre 11 – 20 años.

En la tabla 4 se muestran los valores de referencia de la biometría hemática, en sujetos de más de 18 años, en comparación con los participantes en esta investigación. Se establecieron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de todos los parámetros, que fueron superiores en sujetos de más de 18 años ($p<0,05$).

Tabla 4. Valores de referencia hematológicos de la población de estudio frente a los declarados en poblaciones de otros grupos etarios

Paráme-tros	Sexo	Valor obtenido		Valor otra referencia			p
		x̄	(P .5TH P 7.5TH)	x̄	(P 2.5TH - P 97.5TH)	Edad y sexo de comparación	
Leucoci-tos (/mm³)	Hombre	6625	4210.0 –10526.0	681	3840 – 9790a	Hombres > 18 años	0.001
	Mujer	7897	4527.5–11799.2	6930	3560–10300 a	Mujeres > 18 años	0.002
Neutró-filos (/mm³)	Hombre	3165	1496.2 – 6413.7	4090	1710 – 6480a	Hombres > 18 años	0.001
	Mujer	4321	1827.5 –7482.5	4090	1710 – 6480a	Mujeres > 18 años	0.001
Linfoci-tos (/mm³)	Ambos sexos	2571	1378.5-3841.5	2115	990 – 3240a	Hombres y mujeres > 18 años	0.001
Monoci-tos (/mm³)	Ambos sexos	531,4	275.0-850.0	450	190 – 710a	Hombres y Mujeres > 18 años	0.001
Eosinófi-los (/mm³)	Ambos sexos	133.5	275.0-850.0	170	20 – 320a	Hombres y mujeres > 18 años	0.001
Basófi-los (/mm³)	Ambos sexos	37.5	10.0 –70.0	45	0 – 90a	Hombres y mujeres > 18 años	0.001
Neutrófi-los %	Hombre	47.5	28.5–69.8	57.8	39.60 – 76.10a	Hombres > 18 años	0.001
	Mujer	54.6	33.3–77.1	57.8	39.60 – 76.10a	Mujeres > 18 años	0.001
Linfoci-tos %	Hombre	40.2	19.8 –59.8	32.05	15.5 – 48.6a	Hombres > 18 años	0.001
	Mujer	34.7	15.0–55.8	32.05	15.5 – 48.6a	Hombres > 18 años	0.001
Monoci-tos %	Ambos sexos	7.3	4.6–10.7	6.75	3.4 – 10.1a	Hombres y mujeres > 18 años	0.001
Eosinófi-los %	Ambos sexos	2.0	0.3–4.9	2.4 2.9	0.3 – 4.5a 0.3 - 5.5a	Hombres > 18 años Mujeres > 18 años	0.001 0.001
Basófi-los %	Ambos sexos	0.5	0.2 -1.1	0.8 0.7	0.0 – 1.6a 0.0 – 1.4a	Hombres > 18 años Mujeres > 18 años	0.001 0.001
G. rojos (10³/mm³)	Ambos sexos	5345	4265.5-6362.5	5240 4650	4390 – 6100a 3870 – 5440a	Hombres > 18 años Mujeres > 18 años	0.001 0.001
Hemo-globi-na(g/dL)	Ambos sexos	15.6	12.9-18.3	16.1 14.0	13.8 – 18.5a 11.7 – 16.3a	Hombres > 18 años Mujeres > 18 años	0.001 0.001
Hemato-crito %	Ambos sexos	46.7	39.1–54.5	42.4	35.4 – 49.4a	Hombres y mujeres > 18 años	0.001
VCM 2 (fl)	Ambos sexos	87.8	78,8 –96.0	92.2 91.6	84.4 -100.0a 83.3-100.0 a	Hombres > 18 años Mujeres > 18 años	0.001 0.001
HCM 3 (pg.)	Ambos sexos	29.4	26.2–32.6	30.3 30.0	27.1 – 33.5a 26.8 – 33.2a	Hombres > 18 años Mujeres > 18 años	0.001 0.001
CHCM 4 (g/dL)	Ambos sexos	33.4	32.2–35.1	33.2 32.7	31.6 – 34.8a 31.0 – 34.4a	Hombres > 18 años Mujeres > 18 años	0.001 0.001
RDW G.R. C.V. 6	Ambos sexos	12.9	11.7–14.4	14.7 14.8	11.8 – 17.6a 12.0 – 17,7a	Hombres > 18 años Mujeres > 18 años	0.001 0.001

Paráme-tros	Sexo	Valor obtenido		Valor otra referencia			p
		x̄	(P .5TH P 7.5TH)	x̄	(P 2.5TH - P 97.5TH)	Edad y sexo de comparación	
(%)							
Plaque-tas(10^3/ mm)	Ambos sexos	323.2	202.3–445.0	265.5 299.0	147.0 – 384.0a 167.0 – 431.0a	Hombres > 18 años Mujeres > 18 años	0.001 0.001
VPM 7 (fl)	Hombres	10.5	8.9–12.2	10.0 10.0	8.0 – 12.0a 8.0 – 13.0a	Hombres > 18 años Mujeres > 18 años	0.001 0.001

1 GI: Granulocitos inmaduros. 2 VCM: Volumen corpuscular medio. 3 HCM: Hemoglobina corpuscular media. 4 CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media. 5 RDW G.R. S.D.: Ancho de distribución eritrocitaria desvío estándar. 6 RDW G.R. C.V.: Ancho de distribución eritrocitaria coeficiente de variación. 7 VPM: Volumen plaquetario medio*. No hay diferencia estadísticamente significativa. a Diaz, Pablo; Olay, Gabriela; Hernández, Ricardo; Cervantes. Determinación de los intervalos de referencia de biometría hemática en población mexicana. 2012. México, localizado a 2250 msnm.

4-Discusión

La biometría hemática es un examen de rutina, de gran utilidad en la práctica médica diaria; así como en el ámbito investigativo. En esta investigación se determinaron los valores de referencia de la biometría hemática en una serie de 264 sujetos de entre 11 y 18 años, que fueron atendidos en una institución de salud en Quito, que puede considerarse como una zona de altitud media (2800 msnm) [7]. Existe consenso en la literatura especializada acerca del impacto de la altitud geográfica en la hematopoyesis, debido a la hipoxemia mantenida, que provoca una compensación a expensas de la eritropoyetina y la estimulación de la hematopoyesis; lo que explica la existencia de diferencias significativas en los valores de los diferentes parámetros, de la biometría hemática, como la hemoglobina, el hematocrito, leucocitos y plaquetas en sujetos de diferentes altitudes geográficas, edad y sexo [7-21].

Serie blanca

Al analizar los valores de referencia de la serie blanca, entre sexos y rangos de edad, se determinó que el valor absoluto de leucocitos para hombres fue de 6625 /mm³; mientras que para las mujeres fue 7897/mm³. De igual manera, al analizar los valores absolutos de neutrófilos, para los hombres se obtuvo 3165 /mm³; y para las mujeres: 4321/mm³. En ambos casos, el valor obtenido estuvo por encima del valor de referencia ($p<0,05$) y, fue superior en mujeres que en varones.

Estos resultados demuestran valores superiores de leucocitos que los reportados por Clement et al., [8] en una investigación realizada en Kenya, con sujetos de edad similar a los de esta investigación; en la que se reporta valores absolutos de leucocitos, en hombres de 5600 /mm³ y para las mujeres 5200/mm³; sin embargo, el valor de los neutrófilos fue inferior en el trabajo citado, en comparación con los de esta investigación.

Estas diferencias pudieran estar relacionadas con las diferencias étnicas entre ambas poblaciones, ya que se acepta que los sujetos afrodescendientes, de forma general tienen valores de neutrófilos menores que en otros grupos étnicos. Así mismo, las diferencias por sexo, se han justificado por la presencia de estrógenos, que tienen un efecto estimulante en la producción y acción de los leucocitos, lo que evidenciaría los mayores valores de células blancas obtenidos entre las mujeres. Esto se explica porque, en el climaterio, se produce una reducción considerable en la producción de leucocitos, [9], [10].

Los resultados de este trabajo también difieren de los obtenidos por Yanamandra et al., [11] en una investigación similar, con sujetos de hasta 18 años nativos a gran altitud geográfica en la India, en la que reporta para los varones, valores promedio de leucocitos de 7477 cél/µL, mientras que para las mujeres fue de 7720 cél/µL. Estos valores, aunque son superiores a los determinados en esta investigación, probablemente porque se trata de un estudio realizado en zonas de gran altitud geográfica (>4000 msnm), mantienen la tendencia a ser superiores entre mujeres que, entre varones, lo que sí concuerda con los resultados de esta investigación [11].

Al comparar los valores de referencia de leucocitos con sujetos de otros grupos etarios, se observó que los resultados fueron mayores para ambos sexos en los sujetos de más de 18 años (hombres 6815 /mm³; mujeres 6930/mm³). Estas variaciones con la edad se han explicado por el efecto inmunomodulador de las hormonas sexuales, los estrógenos incrementan la respuesta inmune, mediante la estimulación de los linfocitos T, mientras que la testosterona la suprime, lo que explica por qué las mujeres mostraron mayores cifras de leucocitos y neutrófilos que los varones [12].

Serie roja

En esta investigación, la hemoglobina promedio fue de 15,6 g/dL, el hematocrito fue 46,7 %; ambos analitos fueron superiores a los utilizados como control, en una investigación realizada a 2250 msnm en México, lo que es una altura inferior a la de la ciudad de Quito [13]. Las diferencias en los valores de hemoglobina y hematocrito,

con la altitud geográfica, se explican por las diferencias en la disponibilidad de oxígeno y el estado de hipoxemia crónica que presupone vivir a mayor altitud geográfica [14].

Esto presupone vivir en zonas de baja presión parcial de oxígeno arterial (PaO2), que se acompaña de cambios fisiológicos dirigidos a mantener la capacidad de transporte de O2 de la sangre en un entorno de hipoxia hipobárica a gran altitud. Las respuestas fisiológicas estándar a las grandes altitudes (≥ 3000 msnm) incluyen hiperventilación, policitemia fisiológica, vasoconstricción pulmonar hipóxica, aumento de las enzimas oxidativas intracelulares y aumento de la densidad capilar en el músculo [15]. En la hipoxia, el factor 1 α inducible por hipoxia (HIF-1α, también denominado HIF1A) se acumula en la célula y se une a la parte promotora del gen de la eritropoyetina (EPO) aumentando su transcripción [14].

El impacto de la altitud geográfica en la eritropoyesis se ha explicado por la inactivación de las prolilhidroxilasas en los fibroblastos peritubulares renales, lo que causa la estabilización de la subunidad α del factor 2α inducible por hipoxia, que se dimeriza con HIF-1β. El heterodímero se une al elemento sensible a la hipoxia del gen EPO para estimular la transcripción y aumentar la síntesis de eritropoyetina (Epo) [16], que tiene la función de promover la maduración y proliferación de glóbulos rojos en la médula ósea, un proceso que requiere hierro. Su disponibilidad está asegurada por la hormona eritroferrona y el factor de crecimiento derivado de plaquetas, [17].

Por consiguiente, los resultados de esta investigación indican que, al comparar con sujetos de mayor edad; los sujetos de hasta 18 años tenían valores menores de Hemoglobina, HCM, VCM ($p<0,01$), aunque no en el hematocrito (46,7%) en menores de 18 años, (42,4 %) y estos valores eran superiores en varones que en mujeres, lo que pudiera estar en relación con irregularidades menstruales en mujeres adolescentes, con las concentraciones de testosterona mayores entre los varones y en una estabilización de ambos parámetros después de los 18 años, [18] .

Serie megacariocítica

El valor de las plaquetas en esta investigación fue de 323,2 $x10^3$/mL; lo que fue superior al descrito para sujetos de la misma edad, a menor altitud geográfica ($p<0,05$). El volumen plaquetario medio (VPM) fue superior en esta población que en sujetos de la misma edad que viven a menor altura 10,5 fl. Al comparar con sujetos de mayor edad, también puede decirse que, los sujetos estudiados, obtuvieron mayores valores de plaquetas y VPM ($p<0,05$).

Esto puede interpretarse como que, en sujetos de entre 11 y 18 años, de ambos sexos, que viven en Quito, el recuento de plaquetas y el VPM es superior a los descritos para otros sujetos en altitudes menores y de mayor edad. Esto se explica por la estimulación de la trombopoyetina que ocurre como resultado de la hipoxemia crónica que resulta de vivir en zonas de altitud geográfica. Esto parece responder el hecho de que la altitud geográfica (≥ 3000 msnm) se relaciona con mayor frecuencia de trombosis, especialmente en varones [19]. También se encontró concordancia con los reportes de Rocke et al., [20], que afirman que esto es el resultado del efecto de la exposición a la altitud sobre la trombopoyetina (TPO) presuntamente impulsado por la hipoxia, ya que existe un aumento paralelo de las dos citoquinas, TPO y EPO. Ambos comparten similitudes no solo en la estructura molecular sino también en sus sitios de producción.

Como limitación a esta investigación se identificó que fue realizada en un solo centro de salud de Quito, por lo que la población seleccionada no es muy heterogénea ni representativa de la realidad de toda la población andina ecuatoriana. Se presentó la negativa de los participantes para firmar el consentimiento y asentimiento informado pese a que se les explicó de forma clara y corta que no corren ningún riesgo de participar en el estudio y que la información se mantendrá con absoluta reserva.

Los hombres por lo general no acuden a consulta externa a los centros de salud para realizarse exámenes de control, lo que se vio reflejado en un mayor número de mujeres participantes en el estudio. La pandemia por COVID-19 prolongo la etapa de recolección de la muestra.

Conclusión

Las diferencias encontradas en los valores de referencia de la Biometría hemática en sujetos de entre 11 y 18 años, residentes en Quito a una altitud media de 2800 msnm, frente a otras poblaciones, establece la necesidad de que cada laboratorio debe determinar sus respectivos valores de referencia, acorde a la población a la que presta sus servicios y así los médicos puedan enfocarse en una mejor interpretación dentro del contexto clínico de cada paciente.

Se debe mantener la partición por sexo, porque se establecieron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$), en los resultados absolutos: de leucocitos, neutrófilos, granulocitos inmaduros; y porcentaje: de neutrófilos, linfocitos, granulocitos inmaduros; en todos los casos su valor obtenido fue superior en mujeres.

La interpretación de los resultados, mediante el estudio neutrosófico permitió darle mayor robustes y nivel de validez a los resultados obtenidos.

Referencias

[1] O Parra, V López, M De la Rosa. Optimización del volumen sanguíneo en pruebas de laboratorio (citometría hemática, tiempos de coagulación y cuantificación de factores) en pacientes pediátricos. Rev Mex Patol Clínica y Med Lab [Internet]. [cited 2019 Jun 15];66(4):35–43, 2019

[2] K Awad, A Bashir, M Malek, A Alborai, I Ali, E Taha, et al. International journal of health sciences and research amonthly e-journal for promoting research for human welfare. Int J Heal Sci Res. [cited 2019 Jun 17];9(1):210–9, 2019

[3] F. Smarandache. "Introduction to Neutrosophic Statistics". Ed. Infinite Study, 150, 2014

[4] M. L Vázquez, F & Smarandache,. Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre. Infinite Study, 2018

[5] DM Ramírez, YM Gordo, LA Zaldívar, JL Mateo, Sistema de superación de la cultura física profiláctica y terapéutica, MCML 2021

[6] R. M., Carballido, Paronyan, H., Matos, M. A., & Santillán Molina, A. L. Neutrosofic statistics applied to demonstrate the importance of humanistic and higher education components in students of legal careers. Neutrosophic Sets and Systems, 26(1), 26. T , 2019

[7] S Mejía, D Rendón, F Bossio, É Sánchez, L Jaramillo, P Acevedo. Determinación de intervalos biológicos de referencia para adultos en el equipo hematológico BC-5000 de la Escuela de Microbiología de la Universidad de Antioquia, Medellín 2017

[8] Z Clement, O Collins, L Mills. Laboratory Reference Intervals in Africa. In: Blood Cell - An Overview of Studies in Hematology, [cited 2020 Jun 30]. p. 16–29, 2012

[9] B Kone, M Maiga, B Baya. Establishing Reference Ranges of Hematological Parameters from Malian Healthy Adults. J Blood Lymph, May [cited 2021 Jan 25];7(1):154–62, 2017

[10] R Qiao, S Yang, B Yao, H Wang, J Zhang, H Shang. Complete blood count reference intervals and age- And sex-related trends of North China han population. Clin Chem Lab Med, [cited 2021 Jan 25];52(7):1025–32, 2014

[11] U Yanamandra, SA Bhattachar, SK Das, S Yanamandra, VKL Kumari, A Ayekappam, et al. Hematological Parameters in Native Highlanders of Ladakh Aged 4–19 Years. Indian J Hematol Blood Transfus, Oct 1 [cited 2020 Jun 30];34(4):731–8, 2018

[12] EH Nah, S Kim, S Cho, HI Cho. Complete blood count reference intervals and patterns of changes across pediatric, adult, and geriatric ages in Korea. Ann Lab Med, [cited 2021 Jan 25];38(6):503–11, 2018

[13] H Ghazizadeh, et al. Comprehensive hematological reference intervals in a healthy adult male population. Cell Mol Biol [Internet];2(1):99–107, 2020

[14] CG Julian, LG Moore. Human genetic adaptation to high altitude: Evidence from the andes, Vol. 10, Genes. MDPI AG; [cited 2021 Jan 25], 2019

[15] U Yanamandra, H Senee, S Yanamadra, SK Das, SA Bhattachar, R Das, et al. Erythropoietin and ferritin response in native highlanders aged 4–19 years from the Leh-Ladakh region of India. Br J Haematol. Jan 1 [cited 2021 Jan 25];184(2):263–8, 2019

[16] A Trompetero, E Cristancho, W Benavides, E Mancerra, D Ramos. Efectos de la exposición a la altura sobre los indicadores de la eritropoyesis y el metabolismo del hierro. Rev Fac Med;63(4):717–25, 2015

[17] N Gupta, JB Wish. Hypoxia-Inducible Factor Prolyl Hydroxylase Inhibitors: A Potential New Treatment for Anemia in Patients With CKD [Internet]. Vol. 69, American Journal of Kidney Diseases. W.B. Saunders; 2017

[18] C Miló, E Pando. Material de apoyo a la docencia sobre valores de referencia de los exámenes de laboratorio clínico. Univ Médica Pinareña, Jan [cited 2021 Jan 25];16(2):1–7, 2020

[19] K Morris, et al. A Retrospective Analysis of Collegiate Athlete Blood Biomarkers at Moderate Altitude. J Strength Cond Res , Jul 1 [cited 2020 Jul 1];33(11):2913–9, 2019

[20] AS Rocke, GG Paterson, MT Barber, AIR Jackson, S Main, C Stannett, et al. Thromboelastometry and Platelet Function during Acclimatization to High Altitude. Thromb Haemost , Jan 1 [cited 2021 Jan 25];118(1):63–71, 2018

[21] von Feigenblatt, O. F. Trends and Debates in American Education: A Hispanic Perspective. Ediciones Octaedro, 2023.

Recibido: Agosto 28, 2023. **Aceptado:** Septiembre 24, 2023